

한국 철도차량 창호유리의 기능적 변천에 대한 고찰

A study on the functional transition of Korean rolling stock's window pane.

이흥재*
Lee, Heung-Jae

장대성**
Chang, Dae-Sung

ABSTRACT

This paper researched the adiabatic characteristic, safety and sound insulation characteristic of rolling stock window pane type and transition process of Korean train vehicle window glass, and also including investigating a hereafter course of development.

The window pane have provided the romantic feeling and the external scenery of train travel to the passenger in period of Korea 110 year railway history.

From the adiabatic viewpoint, this paper reviewed heat conductivity(U-value) and solar factor according to window pane type, including the safety and sound transmission loss of window pane.

국문요약

본 논문에서는 우리나라 110년 철도역사 동안 승객에게 기차여행의 낭만과 외부풍경을 제공하여온 철도차량 창호유리의 변천과정을 단열성, 안전성 및 차음성 측면에서 연구하고 향후 발전방향을 고찰하였다.

단열성 측면에서는 창호유리의 종별 및 구성별에 따른 열관류율(U-value)과 태양열 취득률을 고찰하였으며, 유리종류별 안전성 및 차음성(투과손실률)을 살펴보았다. 그리고 향후 더욱 진화된 로이 복층유리 및 진공유리에 관해서도 고찰하였다.

* 책임저자 : 정희원, (주)국영지엔엠, 특수개발팀, 부장
E-mail : dlgmwo@hanmail.net
TEL : (031)379-2563 FAX : (031)376-4772
** 정희원, 우송정보대학, 철도차량과, 교수

1. 서론

우리나라 철도역사는 1897년 일본이 경인철도 부설권을 획득하여 경인철도 주식회사를 설립하고 그 해 공사를 착공하여 1899년 9월 18일 경인선 노량진~제물포 간 33.2Km를 완공하여 개통한 이후 1905년 1월 경부선 서대문~초량간을 건설 개통하고 1909년에는 경의선 서울~신의주 간을 개통한 이후 호남선, 경원선, 장항선, 전라선, 중앙선 등을 계속 개통함으로써 많은 발전을 이루었다. 여기에 따라 선로시설, 철도차량 등에서도 많은 발전을 하였으며 시대별로 나누어보면 아래와 같다.

- 1) 1900~1910년대에는 장거리성, 대량 수송성 등 운송수단으로 발전.
- 2) 1920~1950년대에는 신뢰성, 다양한 삶의 환경변화와 생활추구의 수단으로 발전.
- 3) 1960~1980년대에는 신뢰성을 필수로 하는 인간중심의 생활추구와 환경보존의 수단으로 발전.
- 4) 1990년대에는 저공해성 쾌적성을 추구하면서 환경보존과 개인적인 공간의 생활수단으로 발전.
- 5) 2000년대에는 안전성과 쾌적성, 신속성 위주로 발전.

여기에 발맞추어 철도차량 창조유리도 많은 발전과 변화를 같이해 온 것을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서는 국내철도차량 유리의 변천과정을 단일성, 안전성, 차음성 측면에서 고찰하고 앞으로의 철도차량 창호의 발전방향을 모색해 보고자 한다.

2. 철도차량유리의 고찰

2.1 철도차량의 변천

2.1.1 열차명의 변천

모갈1호-아카스키(1936년)-통일호(1955년)를 거쳐서 KTX(2004년, 운행)로 변천하였으며 자세한 열차명의 변천은 표1을 참조하기 바란다.

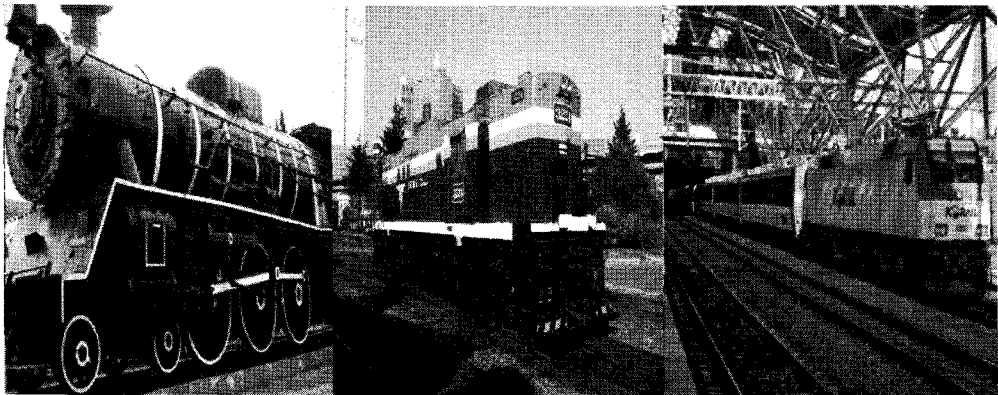
<표1> 열차 변천

열차명	년 대	구 간	운행시간	속 도		비 고
				평 균	최 고	
모갈 1호	1899.9.18	노량진-제물포	1:30	20-22	60	
	1905.1	서대문-초량	17:04	26.5		
(급행)	1905.5	서대문-초량	14:00	32		
음회호	1906.4.16	서대문-초량	11:00	40		
아카스키 (특급)	1936.12.1	서울-부산	6:45	67	90	
해방자호	1946.5.26		9:00	50	70	
통일호	1955.8.15		9:30	63	80	
무궁화호	1960.2		6:40	67	95	
재건호	1962.5.15		6:10	72	100	
태극호	1962	서울-목포	8:10	53.4		
맹호호	1966.7.21	서울-부산	5:45	77	100	
건설호	1966.7.21	중앙선(화물)				
증산호	1966.7.21	호남선(화물)				
백마호	1966.11.21	서울-광주	6:10			

청룡호	1966.11.21	서울-대전	2:20			67.8.13. 부산 연장
갈매기호	1967.7.16	경부선피서열차				
대천호	1967.7.16	장항선 준급행				
비둘기호	1967.8.13	서울-부산				
관광호	1969.6.10	서울-부산	4:50	92	110	새마을호로
신라호	1971.1.20	대구-울산				
계룡호	1971.2.10	서울-대전				
충무호	1971.3.15	서울-진주				
새마을호	1974.8.15	서울-부산	4:50	92	110	
상록호						
통일호						
풍년호	1974.	서울-목포	6:38	61.7		
약진호	1974.8.15	중앙선				십자성에서
부흥호	1974.8.15	장항선				
우등열차	1977.8.13	서울-동대구				
무궁화	1984.1.1	열차명 개정				우등에서
통일호	1984.1.1	열차명 개정				특급에서
비둘기호	1984.1.1	열차명 개정				보통에서

2.1.2 철도차량 동력의 변천

증기기관차 - 디젤기관차 - 전기기관차



<사진2.1> 철도차량 변천 사진(증기기관차(좌), 디젤기관차(중앙), 전기기관차(우))

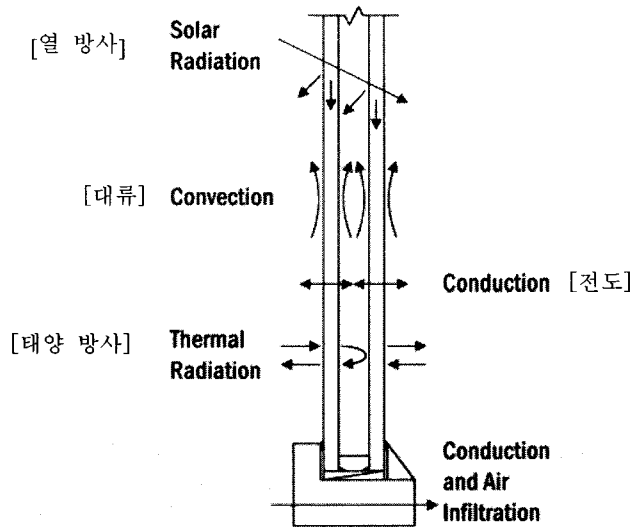
2.2 기능면에서 본 철도차량 창호유리의 변천

2.2.1 단열성 (Insulation Ability)

이번 장에서는 창호유리의 에너지 성능 면에서 어떻게 변화해 왔는지에 대해서 고찰하고자 한다. 철도차량은 승객의 외부 조망권과 개방감을 가져야 하는 차량의 특성상 유리창이 많을 수밖에 없으며

따라서 실내의 냉·난방 시 유리 창문을 통한 에너지 손실이 크게 되는데 창호의 열 유출입 정도를 나타내는 열관류율값(U-value)과 태양에너지가 실내로 유입되는 비율을 나타내는 태양열취득율(Solar Factor)에 대해 논하고자 한다.

철도차량창호에 사용되는 유리는 처음에는 단판으로 된 투명유리창을 사용하였는데 단판 투명유리는 열관류율과 태양열 취득율이 높을 뿐만 아니라 가시광선 투과율이 높아 실내의 승객이 눈부심으로 인한 불편이 컸으므로 이를 방지하기 위해 실내에 커튼을 치거나 위에서 아래로 잡아당겨 태양광선을 차단하는 롤 스크린 커튼을 사용하였다. 또한 단판투명유리는 겨울철에는 객실 내·외의 온도차이 때문에 생기는 유리 실내면 결로 현상으로 인한 물방울이 실내면 유리에 맺혀서 밑으로 흘러내려 무심코 창가에 팔을 기대었다가는 옷소매나 팔이 결로로 인하여 생긴 물에 젖기도 하였다. 이런 현상은 외부의 찬 기운이 창문을 통해 많이 들어옴으로서 즉 열관류율이 커서 생기는 결로 현상으로 겨울철 난방에너지가 많이 소모됨을 의미한다. 또한 여름철에는 바깥의 더운 열기가 창문을 통해 들어옴으로서 실내를 시원하게 유지하기 위한 에어컨 냉방가동 에너지가 많이 소모되게 된다. 이에 따라 창문을 통한 열 에너지 이동을 줄여 냉·난방비용을 줄여야 할 필요성이 대두되었으며, 따라서 두 장의 유리사이에 열전도율이 낮은 건조 공기층을 만들어서 단판유리에 비해 열관류율이 낮은 복층유리가 사용되게 되었다. 이렇게 차량 실내의 냉·난방 에너지 비용절감의 필요성으로 복층유리의 공기층도 6mm에서 12mm로 두꺼워졌고 근래엔 15~16mm도 사용되고 있다. 그러나 공기층이 16mm 이상이 되면 공기층 내부에서 대류현상이 증가되어 오히려 열전달이 촉진되므로 그 이상의 두께는 사용하지 않는다.



<그림2.1> 복층유리 에너지흐름도 (Energy flows through a Sealed insulated glass)

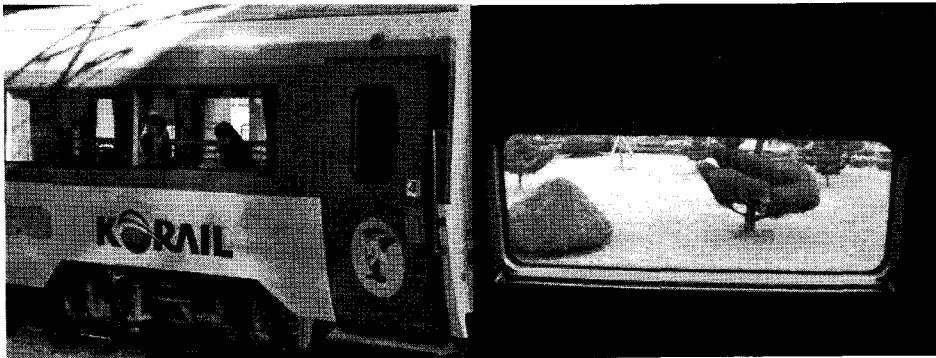
<표2> 열차별 객실창문유리의 제품구성

재차명	제작년대	객실 창문유리 제품구성	비고
모갈 1호- 우등열차 새마을	1899~1980	일반유리 (Annealed Glass) (4mm~5mm) 복층유리	
무궁화 구형	1980~1989	(5mm 강화유리+6mm 공기층+5mm 일반유리) 복층유리	
무궁화 신형	1997	(5mm 강화유리+6mm 공기층+5mm 강화유리)	
KTX	1999	접합·복층유리	

	(6mm 일반유리+0.76mm PVB+5mm 일반유리+12mm 공기층 + 5mm 강화유리)	
--	--	--



<사진2.2> 철도 차량 객실창문 일반 복층유리 및 단판유리 적용(무궁화구형(좌), 통일호(우))

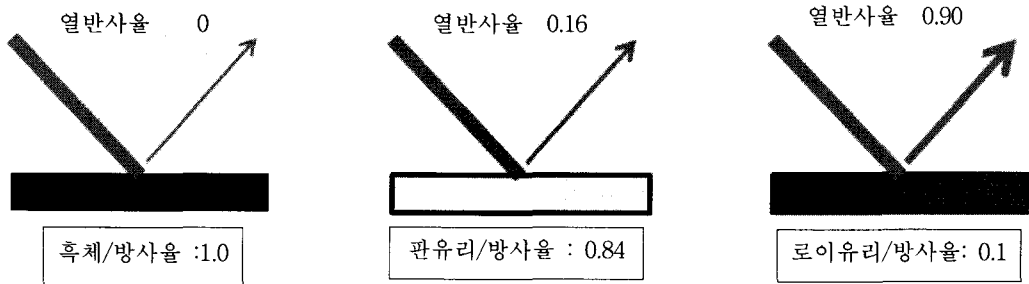


<사진2.3> 철도 차량 창문 복층유리 적용(무궁화신형(상좌), KTX-1(상우 및 하단))

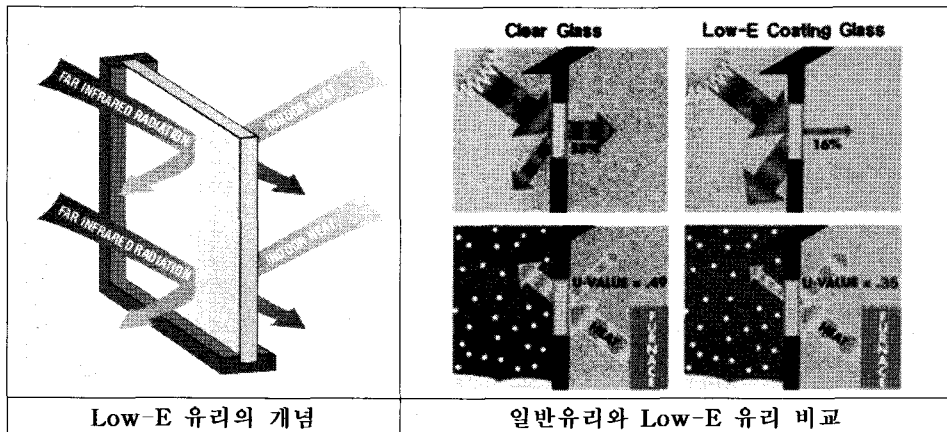
또한 Low-E(Low-Emissivity)유리를 사용하여 실내와 실외간의 열 이동을 줄여 주고 있으며 또한 복층유리의 공기층 사이에 열전도율이 공기보다 작은 Argon gas나 Krypton gas를 주입하여 공기를 대체 함으로서 더욱 많은 에너지를 절감하게 되었고 최근에는 Low-E 유리도 Single, Double, Triple의 여러 종류가 생산되고 있다. 이처럼 창유리의 단열성능을 향상시킴으로서 에너지절감, 쾌적한 실내, 이슬맺힘 감소, 시계확보 증대 등을 이룰 수 있었다. 이 장에서는 창호의 에너지 절약면에서 사용판단의 중요한 요소인 열관류율과 태양열 취득율에 대해 각 제품별 열관류율과 태양열취득율에 대하여 비교 검토하고 사용되는 제품들의 변화과정을 살펴보고자 한다.

주) Low-E 유리란 Low-Emissivity 유리의 약어로서 방사율이 낮은 유리를 말하며 겨울철에는 실내의

열이 밖으로 나가는 것을 차단하고 여름철에는 실외의 열이 실내로 들어오는 것을 차단하는 단열성이 우수한 유리를 말한다.



<그림 2.2> 방사율 비교



<그림 2.3> Low-E 유리 설명

2.2.1.1 열관류율 (Heat transmission coefficient)

열관류율은 열이 물체를 통하여 전달되는 정도를 수치화 한 것으로 내부와 외부의 온도차이가 1℃일 때 1㎡의 면적을 통하여 전달된 열량을 말하며 난방을 유지하거나 냉방을 유지하는 단열성능을 평가하는 중요한 척도로 사용된다. 단위는 kcal/m²h℃, W/m²℃ 등으로 표시한다. 이장에서는 복층유리 열관류율 비교 시 고려해야 할 4가지 요소에 대해 각각 논하고자 한다.

주) 창호의 종합 열관류율은 유리중양부, 유리모서리부, 창프레임부의 열관류율을 각 부위에 대한 면적 가중 평균한 값을 적용하나, 본 논문에서는 유리에 한정하여 유리 중앙부에서의 열관류율만을 적용하기로 함.

이하 사용한 단위는 T=사용된 유리의 두께(단위:mm), A=복층유리의 공기층 두께(단위:mm)이며, 그린유리는 green body tinted glass임.

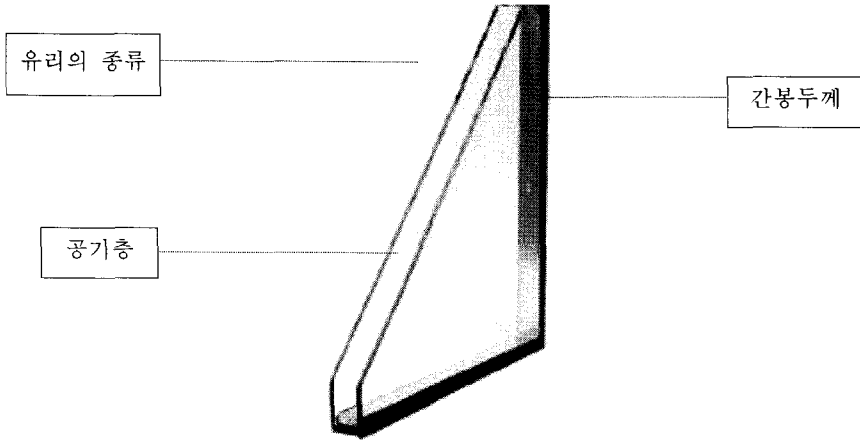
*복층유리 사용 시 고려해야 할 요소는 다음과 같다.

- (1) 복층유리의 공기층 두께(=간방두께)
- (2) 복층유리에 사용되는 유리의 종류

(3) 공기층에 gas주입

(4) 공기층의 개수

위의 4가지 요소에 대하여 더 자세히 알아보려고 한다.



[사진2.4] 복층유리 구성

1) 복층유리의 공기층 두께(=간봉두께)

<표3> 단판유리 창호와 복층유리 창호의 공기층 두께에 따른 열관류율 비교

종류	공기층두께	제품종류(외판+공기층+내판)	열관류율(W/m ² ℃)
단판	0	① 5T투명	5.83
복층	6mm	② 5T투명+6A+5T투명	3.08
	12mm	③ 5T투명+12A+5T투명	2.70

주) PPG Industries Performance Glass Calculator Calculated Center-of-Glass Thermal and Optical Properties Based on NFRC 100-2001 Environmental Design Conditions.

PPG's published data is based on the LBL Window 5.2 program.

표3 에서 보듯이 단판유리와 복층유리의 열관류율 비교 시

공기층이 6A인 복층유리(②)는 단판유리의(①)에 비해 열관류율이 47.1% 향상되었고,

공기층이 12A인 복층유리(③)는 단판유리(①)보다 열관류율이 53.7% 향상되었음을 나타내었다.

6A복층유리(②)와 12A복층유리(③)의 열관류율 비교 시에는 12A 복층유리(③)가 6A복층유리(②)보다 12.3% 향상됨을 알 수 있다.

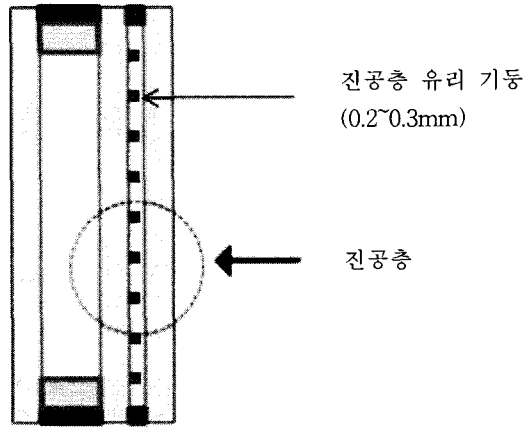
2) 복층유리에 사용되는 유리의 종류

<표4> 복층유리에 사용되는 유리의 종류에 따른 복층유리제품별 열관류율 값

유리종류	제품두께	제품종류(외판+공기층+내판)	열관류율(W/m ² ℃)
투명유리	22mm	① 5T투명+12A+5T투명	2.70

그린유리	22mm	② 5T그린+12A+5T투명	2.70
Low-E 유리	16mm	③ 5T투명+6A+5TLow-E	2.38
Low-E 유리	22mm	④ 5T투명+12A+5TLow-E	1.78
진공,Low-E	6.2mm	⑤ 3T투명+V+3TLow-E	1.4

- 주)1. 사용한 Low-E 유리는 PPG사의 Sungate 100 on Clear제품임.
 2. ⑤번 제품은 일본 NSG사 제품임.
 3. V는 Vacuum의 약어로서 두 장의 유리사이에 진공층이 있는 진공유리를 말하며 진공층 두께는 0.2~0.3mm 임.
 4. PPG Industries Performance Glass Calculator Calculated Center-of-Glass Thermal and Optical Properties Based on NFRC 100-2001 Environmental Design Conditions. PPG's published data is based on the LBL Window 5.2 program.



<그림 2.4> 진공복층유리 구성

표4. 에서 보듯이

투명복층유리12A(①)의 열관류율과 비교 시Low-E복층유리 6A(③)는 열관류율이 11.8% 향상 됨
 투명복층유리12A(①)의 열관류율과 비교 시Low-E복층유리 12A(④)는 열관류율이 34.0% 향상 됨
 투명복층유리12A(①)의 열관류율과 비교 시Low-E유리를 사용한 진공층 0.2mm의 진공유리(⑤)에서는 열관류율이 48.1% 향상 됨
 공기층이 12A인 복층유리에서, 양면에 투명유리를 사용한 복층유리(①)와 한면은 그린유리를 사용한 복층유리(②)의 열관류율은 모두 2.70으로서 열관류율 차이는 없음을 알 수 있다.
 진공유리를 사용하면 두께는 22mm(④)에서 6.2mm(⑤)로 크게 얇아지지만 열관류율은 오히려 1.78에서 1.4로 낮아져 열관류율이 약 21.3% 향상됨을 알 수 있다.

3) 공기층에 gas주입

<표5> 복층유리 공기층에 Argon gas를 주입한 경우의 복층유리제품별 열관류율 비교

Gas주입	품종(외판+공기층+내판)	열관류율(W/m ² ·°C)
	① 5T투명+6A+5T투명	3.08
Argon gas	② 5T투명+6A(Argon gas)+5T투명	2.85
	③ 5T투명+12A+5T투명	2.70
Argon gas	④ 5T투명+12A(Argon gas)+5T투명	2.55

	⑤ 5T투명+12A+5TLow-E	1.78
Argon gas	⑥ 5T투명+12A(Argon gas)+5TLow-E	1.53

주)1. 사용된 Argon gas는 Argon gas 90%와 공기10%로 이루어짐.

2. PPG Industries Performance Glass Calculator Calculated Center-of-Glass Thermal and Optical Properties Based on NFRC 100-2001 Environmental Design Conditions.
PPG's published data is based on the LBL Window 5.2 program.

공기층6mm인 투명복층유리(①)의 열관류율과 비교 시 Argon gas복층유리(②)의 열관류율은 7.5% 향상됨을 알 수 있다.

공기층12mm인 투명복층유리(③)의 열관류율과 비교 시 Argon gas복층유리(④)의 열관류율은 5.6% 향상됨을 알 수 있다.

공기층12mm인 Low-E복층유리(⑤)의 열관류율과 비교 시 Low-E Argon gas복층유리(⑥)의 열관류율은 14.0% 향상됨을 알 수 있다.

공기층12mm인 투명복층유리에 Argon gas 충전 시 복층유리의 열관류율은 5.6% 향상되지만, 공기층12mm인 Low-E복층유리에 Argon gas 충전 시 Low-E Argon gas복층유리의 열관류율은 14.0% 향상되어서 Low-E복층유리에 Argon gas를 충전 할 때 더 큰 단열효과를 볼 수 있음을 알 수 있다.

4) 공기층의 개수

<표6> 복층유리 공기층의 개수에 따른 열관류율

공기층의 개수	품종(외판+공기층+내판)(mm)	열관류율(W/m ² ℃)
1개	5T투명+6A+5T투명	3.08
2개	5T투명+6A+3T투명+6A+5T투명	2.12

주) PPG Industries Performance Glass Calculator Calculated Center-of-Glass Thermal and Optical Properties Based on NFRC 100-2001 Environmental Design Conditions.
PPG's published data is based on the LBL Window 5.2 program.

공기층 6A가 한 개인 복층유리와 공기층 6A가 두개인 3중 복층유리의 열관류율을 비교 시 3중 복층유리의 열관류율이 공기층이 1개인 복층유리의 열관류율보다 31.1% 향상됨을 알 수 있다.

위에서 연구한 내용을 종합하여 위의 4가지 요소별로 비교하기 쉽게 열관류율의 변화를 표로 만들어 보면 다음과 같다.

<표7> 유리구성에 따른 열관류율

품종(외판+공기층+내판)	열관류율(W/m ² ℃)
① 5T투명	5.83
② 5T투명+6A+5T투명	3.08
③ 5T투명+6A(Argon gas)+5T투명	2.85
④ 5T투명+12A+5T투명	2.70
⑤ 5T그린+12A+5T투명	2.70
⑥ 5T투명+12A(Argon gas)+5T투명	2.55
⑦ 5T투명+6A+5T Low-E	2.38
⑧ 5T투명+12A+5T Low-E	1.78

⑨ 3T투명+V+3T Low-E	1.4
⑩ 5T투명+12A(Argon gas)+5T Low-E	1.53
⑪ 5T투명+6A+3T투명+6A+5T투명	2.12

- *단판유리(①)와 비교 시 복층유리6A(②)의 열관류율이 47.1% 향상됨.
- *단판유리(①)와 비교 시 복층유리12A(④)의 열관류율이 53.7% 향상됨.
- *복층유리6A(②)와 비교 시 복층유리12A(④)의 열관류율이 12.3% 향상됨.
- *복층유리6A(②)에 Argon gas를 주입했을 경우(③) 열관류율이 7.5% 향상됨.
- *복층유리12A(④)에 Argon gas를 주입했을 경우(⑥) 열관류율이 5.6% 향상됨.
- *공기층12mm에서 Low-E복층유리(⑧)와 Low-E Argon gas복층유리(⑩)를 비교 시 Low-E Argon gas복층유리(⑩)의 열관류율이 14.0% 향상됨을 알 수 있음.
- *공기층12mm인 투명복층유리에 Argon gas 충전 시 복층유리의 열관류율은 5.6% 향상되지만, 공기층12mm인 Low-E복층유리에 Argon gas 충전 시 Low-E Argon gas복층유리의 열관류율은 14.0% 향상되어서 Low-E복층유리에 Argon gas를 충전 할 때 더 큰 단열효과를 볼 수 있음을 알 수 있음.
- *복층유리6A 공기층 1개(②)보다 6A 공기층 2개인 제품(⑪)의 열관류율이 31.1% 향상됨.
- *복층유리12A(④)와 비교 시 Low-E 복층유리 6A(⑦)의 열관류율이 11.8% 향상 됨.
- *복층유리12A(④)와 비교 시 Low-E 복층유리 12A(⑧)의 열관류율이 34.0% 향상 됨.
- *복층유리12A(④)와 비교 시 Low-E유리를 사용한 진공층 0.2mm의 진공유리(⑨)에서는 열관류율이 48.1% 향상 됨.
- *진공유리를 사용하면 두께는 22mm(⑧)에서 6.2mm(⑨)로 크게 얇아지지만 열관류율은 오히려 1.78에서 1.4로 낮아져 열관류율이 약 21.3% 향상됨을 알 수 있다.
- *공기층이 12A인 복층유리에서, 양면에 투명유리를 사용한 복층유리(④)와 한면은 그린유리를 사용한 복층유리(⑤)의 열관류율은 모두 2.7로서 투명유리를 사용하든지 그린유리를 사용하든지 제품의 열관류율은 차이가 없음을 알 수 있음.
- 위 표를 이용하여 적절하게 품종을 조합하면 필요한 품종을 결정하는데 도움이 될 것이다.

2.2.1.2 태양열 취득율 (Solar factor)

태양열 취득율은 입사된 태양 에너지 중에서 창을 통해 실내로 유입되는 태양 에너지의 비율로서 태양으로부터 오는 열을 얼마나 차단할 수 있는가를 나타내는 항목으로 1과 0 사이의 값을 가지며 값이 낮을수록 더 많은 열을 차단함을 의미하고, 여름철 냉방에너지와 관련이 된다. 겨울철에는 태양열의 유입이 난방비 절감에 도움이 되기도 하지만, 일반적으로 냉방비용이 난방비용보다 크다.

<표8> 제품별 태양열 취득율값과 가시광선 투과율

품종(외판+공기층+내판)(mm)	태양열 취득율	가시광선투과율(%)
5T	0.85	89
5T투명+6A+5T투명	0.74	80
5T투명+12A+5T투명	0.74	80
5T그린+6A+5T투명	0.56	69
5T투명+6A+5T Low-E	0.61	69
5T그린+6A+5T Low-E	0.46	60
5T투명+12A+5T Low-E	0.62	69
5T그린+12A+5T Low-E	0.46	60
5T투명+6A(Argon)+5T투명	0.74	80

5T그린+6A(Argon)+5T투명	0.56	69
---------------------	------	----

주) 표8의제품은 한국유리공업(주)의 제품이며 Low-E는 LE-79 제품 임.

주) 계산조건 : 태양열취득율은 미국 ASHRAE 여름 조건 기준. 성능값은 LBL Window5.0프로그램으로 계산되었으며 계산값과 실제 측정값은 다소 차이가 있을 수 있음.

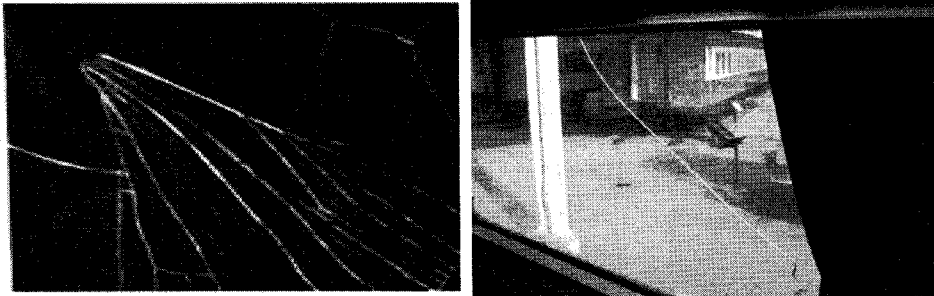
복층유리 양면의 유리중 한면의 투명유리를 그린칼라유리로 대체 시 태양열 취득율은 0.74(5T투명+6A+5T투명)에서 0.56(5T그린+6A+5T투명)으로 약 24%정도 낮아지게 되어 그만큼 태양열 차단이 잘 됨을 알 수 있다.그러나 가시광선투과율은 80%에서 69%로 약14%가 감소하므로 사용 시에는 고려하여야 한다.

2.2.2 안전성 (Safety)

철도차량 창호유리는 빠른 속도로 달리는 열차의 특성상 흔들림과 외부가격물체 그리고 주행속도에 따르는 내·외 압력차에 의한 창호유리의 파손이 없어야 하나 만일 파손이 발생할 경우 승객의 안전이 최우선되어야 한다. 사용되는 제품별 특징을 알아보기로 한다.

2.2.2.1 일반유리 (Annealed Glass)

초기의 열차 창호유리에 사용되었으며 충격에 비교적 약하여 파손될 수 있으며 파손 시에는 유리파편에 의해 승객이 크게 다칠 수 있다. 비강화유리는 파손될 경우 끝이 뾰족하고 날카롭게 크게 깨지는 경우가 많아서 무서운 흉기가 되어 승객의 안전을 위협하게 된다.



<사진 2.5> 비강화유리 파손 사진(좌), 무궁화구형 객실창문(우)

2.2.2.2 강화유리 (Tempered Glass)

강화유리는 유리표면에 큰 압축응력을 형성시켜 파괴강도(충격강도, 곡강도)를 크게 높인 유리로서 표9에 보이듯 일반유리에 비해 3~5배의 강도를 가지는 제품으로 파손율이 낮으며 만일 강한 충격으로 깨어져도 사진(2.6)에서 보아 알 수 있듯이 작고 모서리가 날카롭지 않은 파편으로 부서져 승객의 안전을 지켜준다.

<표9>허용 휨응력 (단위 ; kg/cm²)

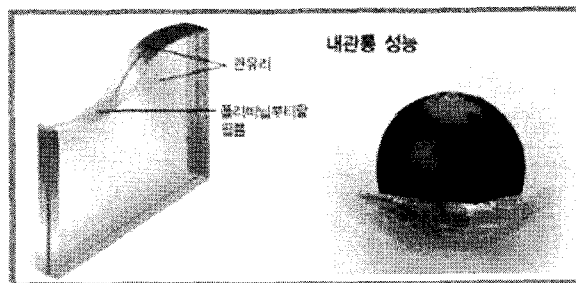
품종	두께	평균파괴응력		장기허용응력	
		면내	가장자리	면내	가장자리
일반유리(Annealed Glass)	2,3,5,6,8	500	360	100	70
강화유리(Tempered Glass)	4,5,6,8	1500	1100	500	350



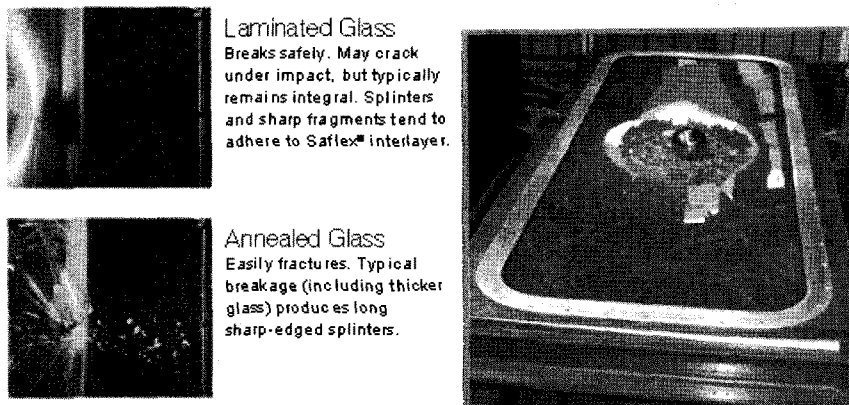
<사진 2.6> 일반유리와 강화유리의 파손 비교 사진

2.2.2.3 접합유리 (Laminated Glass)

접합유리는 두 장의 유리 사이에 접착력이 강한 PVB(Poly Vinyl Butyral)필름 또는 접합수지(Resin)를 삽입하고 열과 압력을 가하여 유리를 필름 또는 수지와 접착시켜 만든 제품으로 돌맹이 등의 충격으로 인한 파손 시에도 파손은 되더라도 그림(2.5)과 같이 중간막이 있어서 뚫리지 않는 내관통성이 우수하고, 또한 만일 파손되더라도 사진(2.7)과 같이 파편이 탈락되지 않고 그대로 형태를 유지하고 있어 비산방지특성이 우수하여 승객을 보호한다. 강화된 유리를 사용하여 접합 할 경우에는 강화유리처럼 내충격 강도에도 강하면서 내관통성, 비산방지특성이 우수하여 강화유리보다 승객에 대한 안전성을 더욱 높여 준다.



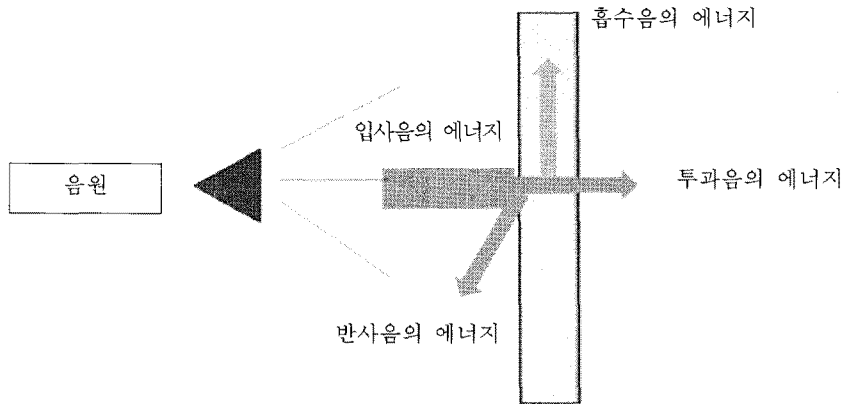
<그림 2.5> 접합유리 구성



<사진 2.7> 일반유리(Annealed Glass)와 접합유리(Laminated Glass) 파괴 비교

2.2.3 차음성 (Sound Control)

차음성은 공기전파음을 차단하는 정도를 말하며 차음성이 우수한 제품은 철도차량의 외부에서 발생하는 소음이 실내로 유입되는 것을 차단하여 실내 승객에게 쾌적한 분위기를 느끼게 해준다. 철도차량 창문에 사용되는 단판유리의 경우 유리두께를 두 배로 증가시킬 경우, 질량법칙의 이론에 따라 6dB정도 차음 상승효과가 있어야 하지만 실제로는 공명(共鳴)등의 영향으로 이보다 낮은 효과가 나타난다. 또한 차음성능의 감소가 발생하는 일치 효과(Coincidence Effect) 주파수는 유리두께에 반비례하며, 유리두께가 두꺼워질수록 저주파수로 내려가기 때문에 민감한 가청대역에서의 차음효과를 감소시켜 실질적인 투과손실은 그다지 크지 않게 된다. 복층유리는 음이 투과할 때 공기층이 두 유리창 사이에서 스프링과 같은 역할을 하며, 특정 주파수에서는 이 현상이 매우 크게 작용하여 차음효과를 떨어뜨리는 역작용을 하는 경우도 발생한다.



< 그림 2.6 > 차음 메커니즘

표10에 나타난 바와 같이 판유리의 차음 능력은 소음이 발생하는 주파수 범위에 따라 다르므로 소음 발생 주파수 범위에 맞는 두께구성을 하면 더욱 효과적이다. 또한 접합유리를 사용할 경우 PVB film 대신에 차음기능을 가진 접합필름으로 만든 제품을 사용하면 효과가 커진다(표11 참조). 아래의 품종별 차음능력 비교표에 나타난 값은 판유리에 대해서만 나타난 값이며, 대개의 소음이 속해 있는 저주파수 범위 안에서의 차음정도를 나타내고 있다.

<표10> 주파수에 따른 품종별 차음능력

(단위 ; dB)

품종	두께 (mm)	주파수범위 (Hz)						
		125	160	200	250	315	400	500
단판유리	3	19.7	18.6	19.0	20.0	22.0	24.0	25.5
	5	22.6	21.2	20.3	22.6	24.7	26.3	28.3
	6	22.2	21.6	24.3	23.5	26.0	27.9	27.5
	8	24.9	24.1	25.6	26.0	27.6	29.0	29.9
	10	26.6	25.6	28.2	28.3	29.4	29.6	31.3
	12	27.9	26.0	28.1	27.3	29.4	31.5	32.2
접합유리	15	28.2	27.3	30.9	31.5	32.7	30.5	29.7
	6.3	22.5	23.1	24.8	25.7	26.5	28.6	29.7
	10.3	22.7	25.4	26.0	27.0	27.6	28.9	30.4
	12.3	27.2	26.5	28.3	27.6	28.9	30.4	32.0

복 층 유 리	5+6A+5	26.1	24.3	25.6	25.3	22.7	23.9	26.1
	5+12A+5	21.1	17.7	15.9	13.9	16.9	18.9	21.3
	6+6A+6	23.0	21.8	23.0	20.8	19.1	20.5	22.3
	6+12A+6	25.3	22.7	20.4	19.8	19.9	23.7	26.3
	8+12A+8	24.8	23.1	18.8	20.6	25.6	27.6	29.5
	10+12A+10	25.3	20.1	23.1	23.4	29.4	31.3	32.3
	5+6A+5+6A+5	28.0	24.4	20.8	18.8	23.3	24.7	27.0

630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	평균투과손실
26.2	28.1	30.2	30.4	31.3	33.3	34.1	33.4	22.6	26.2
29.4	30.5	31.4	30.4	30.6	30.4	23.7	27.0	30.8	26.9
31.0	31.8	32.7	32.4	32.5	24.2	24.2	29.8	32.5	27.9
31.4	31.5	30.7	28.9	24.4	27.4	30.2	33.1	34.1	28.7
32.6	31.6	28.9	22.2	27.0	30.7	34.5	37.9	38.7	30.2
33.5	31.2	25.6	25.6	31.2	34.9	38.3	40.5	41.1	31.5
25.9	25.8	27.3	30.3	35.2	38.0	40.5	43.0	43.3	32.5
30.3	30.9	31.8	31.2	30.3	27.2	30.0	33.9	35.4	28.9
30.4	31.0	29.7	26.9	28.1	30.0	32.5	34.4	36.2	29.2
32.3	31.0	28.6	27.3	28.7	31.5	34.7	36.1	37.9	30.6
29.4	31.6	34.4	35.3	36.2	30.9	27.6	32.1	35.8	29.2
25.3	27.4	28.9	31.7	32.2	30.5	23.8	26.6	29.0	23.8
25.6	28.7	30.3	31.4	30.4	23.6	25.5	29.6	30.4	25.4
30.0	31.8	31.2	34.4	33.8	27.4	29.3	32.5	33.5	27.6
32.8	34.8	36.0	32.5	27.4	30.7	35.0	39.2	41.0	30.0
33.5	35.6	32.8	27.7	33.0	35.9	39.8	43.5	45.4	32.0
31.1	34.4	37.5	39.4	42.4	38.0	29.7	33.2	38.4	30.7

<표11> PVB필름과 차음필름의 SOUND INSULATION 비교

접합유리 구성	PVB 필름	차음 필름
4T+0.76mm필름+4T	34dB	37dB
5T+0.76mm필름+5T	35dB	38dB
6T+0.76mm필름+6T	37dB	40dB
8T+0.76mm필름+8T	38dB	42dB

3. 결론

우리나라 철도 변천과정을 대략 살펴보고 이에 따라 창호유리도 변천되어 왔음을 알 수 있었다. 현재도 변천해가는 과정에 있으며 미래에도 계속 변천되어 갈 것이다. 여러 변천 모습 중에서도 단열성, 안전성, 차음성 면에서 알아본 결과는 다음과 같다.

3.1 제품의 변천은 단판 창호유리에서→ 복층유리로→ 접합복층유리로 변화하였으며 에너지 효율성은 5.8W/m²℃ 정도의 열관류율을 가지는 단판유리에서 3.1W/m²℃ 정도의 열관류율을 가지는 일반복층유리로 변화하였다. 그러나 앞으로는 한 면에 로이유리를 사용한 로이복층유리로 열관류율은 1.8W/m²℃ 내외, 여기에 공기층 대신 Argon gas를 충전한 로이복층유리로 열관류율은 약

1.5~1.6W/m²℃으로 낮아지는 제품이 사용 될 것으로 보인다. 그러나 제품가격은 상승하게 된다. 진공유리도 관심의 대상이나 고가인 관계로 곧 사용되기는 어려움이 있을 것으로 보인다.

- 3.2 양면투명복층유리에서, 투명유리 한면을 그린칼라유리로 대체 시 열관류율 향상에는 거의 영향이 미치지 않으나 태양열 취득율은 낮아짐을 알 수 있다. 즉 색유리를 사용하면 밤에는 투명유리와 열관류율이 같지만 낮에 쬐이는 태양열은 일정량 차단 할 수 있음을 알 수 있다. 그러나 가시광선 투과율은 낮아지므로 함께 고려하여야 한다.
- 3.3 초기의 창호유리는 비강화유리를 사용했으나 이후에는 비강화유리에 비해 파괴강도가 매우 높은 강화유리를 사용하게 되었고, 파괴될 때 파편이 비산되는 강화유리에서 파괴되어도 비산되지 않는 비산방지성과 내관통성이 우수한 집합유리를 사용하게 되었다. 그 후 안전성과 단열성, 차음성을 모두 만족시키기 위하여 집합 복층유리 사양으로 발전 하고 있다.
- 3.4 표10 에서 보듯이 유리 두께에 따라 주파수별로 차음성능이 다른 것을 알 수 있다. 따라서 발생하는 소음의 주파수 범위에 맞는 두께를 찾아서 사용하면 보다 더욱 효과적임을 알 수 있다. 또한 차음 필름을 사용하여 집합유리를 만들면 더욱 효과가 커짐을 알 수 있다(표11).

참고 문헌

1. 한국유리공업주식회사, (2007) 한글라스 건축용 판유리 기술자료집. p26-35,p44,p48-49,p96-99
2. 한국유리공업주식회사, 한글라스 건축용 기술자료집. p13, p21
3. Archilite Engineering Pte Ltd , www.archilite.com, Glass information.
4. DoubleGlazed, www.doubleglazed.com, Glass information.
5. ADVOCATES FOR SAFE GLASS, INC. , www.safeglass.org, Glass information.
6. PPG's published data is based on the LBL Window 5.2 program.
7. 김창현, 이희엽 (2006), 철도차량 특징요인에 의한 철도차량 트렌드 평가.
한국철도학회논문집 제9권 제6호
8. 이길영,(1999), 한국철도의 과거, 현재와 미래.
한국철도학회지 제2권 제2호
9. 대한전문건설협회 금속구조물, 창호공사협회(2008),
커튼월 공법 확대 및 발코니 확장에 따른 공동주택 창호 성능 개선 방안에 관한 연구
10. TROSIFOL AG., 기술자료의 TROSIFOL SOUND CONTROL.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업의 연구비지원(과제번호 07차세대고속철도A01)에 의해 수행되었습니다.